

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Juni 2003 (26.06.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/052434 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 29/08

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/04357

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WEBER, Christoph
[DE/DE]; Fuhlsbüttler Strasse 124, 22305 Hamburg (DE).
TER HASEBORG, Jan, Luiken [DE/DE]; Steinbecker
Strasse 98a, 21244 Buchholz (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. November 2002 (27.11.2002)

(74) Anwalt: NIEDMERS & SEEMANN; Van-der-Smissen-
Strasse 3, 22767 Hamburg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

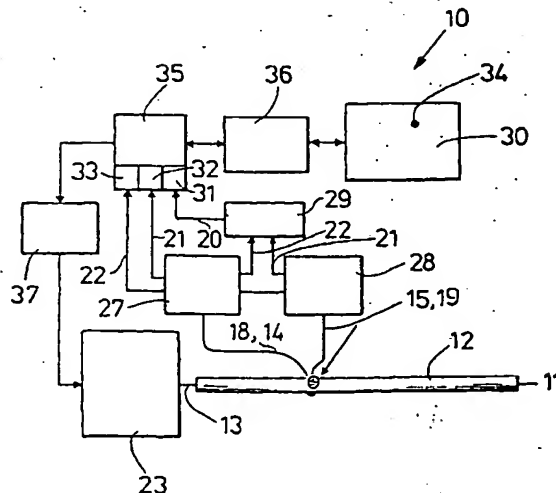
(30) Angaben zur Priorität:
101 62 802.1 19. Dezember 2001 (19.12.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): TUHH TECHNOLOGIE GMBH [DE/DE];
Schellerdamm 4, 21079 Hamburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE DETECTION OF NON-HOMOGENEITIES IN THE SHIELDING BEHAVIOR
OF SHIELDED ELECTRIC CONDUCTORS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERMITTLUNG VON INHOMOGENITÄTEN DES SCHIRM-
VERHALTENS GESCHIRMTER ELEKTRISCHER LEITER



(57) Abstract: Disclosed are a method and a device (10) for detecting non-homogeneities (120) in the shielding behavior of shielded (12) electric conductors (11). The method consists of the following steps: a) feeding a frequency signal (13) with a predefined frequency and voltage amplitude to the shield (12) of the conductor (11); b) sensory (14, 15) detection, at locations essentially across from the shield (12), of the shield's (12) electric and/or magnetic field (16) generated by the frequency signal (13) at a defined distance (17) from the screen (12), and formation of a corresponding pair of magnetic field signals (18, 19); c) rectification of each of the pair of electric and/or magnetic field signals (18, 19); d) generation of a differential signal (20) from the rectified electric and/or magnetic field signals; and e) evaluation of the differential signal (20) as a function of the detected non-homogeneities in the shielding behavior of the shielded electric conductor (11).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/052434 A2



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung (10) zur Ermittlung von Inhomogenitäten (120) des Schirmverhaltens geschirmter (12) elektrischer Leitungen (11) vorgeschlagen. Das Verfahren umfaßt folgende Verfahrensschritte: a. Anlegen eines Frequenzsignals (13) vorbestimmbarer Frequenz und Spannungsamplitude an den Schirm (12) des Leiters (11), b. sensorische (14, 15) Erfassung des durch das Frequenzsignal (13) erzeugten elektrischen und/oder Magnetfeldes (16) des Schirmes (12) in definiertem Abstand (17) zum Schirm (12) an im wesentlichen gegenüberliegenden Orten des Schirms (12) und Ausbildung eines entsprechenden elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares (18, 19), c. jeweilige Gleichrichtung der Signale des elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares (18, 19), d. Bildung eines Differenzsignals (20) aus den gleichgerichteten elektrischen und/oder Magnetfeldsignalen (18, 19) und e. Bewertung des Differenzsignals (20) als Funktion der ermittelten Inhomogenitäten des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters (11).

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter sowie eine Vorrichtung, mit der ein derartiges Verfahren ausgeführt werden kann.

Kabel werden in allen Bereichen gewerblicher Anwendungen, in denen es auf eine störungsfreie Signalübertragung und/oder die Unterdrückung der Beeinflussung von Empfängern, die auf elektromagnetische Strahlung reagieren, ankommt, geschirmt ausgeführt. D.h. mit anderen Worten, daß diese Kabel mit einem Schirm bzw. einer die Kabel regelmäßig umgebenden Abschirmung versehen sind, wobei dieser Schirm regelmäßig aus einem geflochtenen,

leitenden Werkstoff besteht. Geschirmte Kabel finden bspw. im Flugzeugbau in sehr großem Maße Anwendung, bspw. solche, die der Steuerung der gesamten aktiven Steuerungssysteme von Flugzeugen dienen (Fly-by-Wire) und/oder auch für die Übertragung von sonstigen sicherheitsrelevanten Signalen, bspw. für navigatorische Zwecke und für den gesamten Sicherheitsbereich eines Flugzeuges bzw. Hubschraubers. Aufgrund von alterungsbedingten Verschleißerscheinungen, bspw. Korrosion, ergeben sich kleine Inhomogenitäten auf dem Schirm, die hinsichtlich erhöhter elektromagnetischer Einkopplung, verursacht von Signalen anderer Signalquellen, zu einer Beeinträchtigung der eigentlichen Signalübertragung führen können, die mittels des geschirmten Kabels bzw. Leiters an sich beeinträchtigungsfrei aufgrund des vorgesehenen Schirms die Signale leiten sollten.

Derartige Inhomogenitäten der Schirme von Kabeln bzw. Leitern sind bisher lediglich im Labor mit verhältnismäßig komplexen Meßapparaturen feststellbar gewesen, eine Lokalisierung von Schirminhomogenitäten bei Kabeln im eingebauten Zustand, d.h. in Flugzeugen, um bei diesem Beispiel zu bleiben, ist bisher, wenn überhaupt, nur unzureichend möglich gewesen. Eine Ermittlung von Schirminhomogenitäten bei Kabeln im eingebauten Zustand ist aber von großer Wichtigkeit, da das Lösen von Kabelsteckern, bspw. zu Meßzwecken, irreversible mechanisch bedingte Kontaktänderungen hervorruft, die ein gewünschtes Meßergebnis derart verfälschen können, daß eine qualitative und quantitative Bewertung des Schirmverhaltens von geschirmten Kabeln bzw. Leitern unmöglich ist. Eine Aussage über eine EMV-Tauglichkeit einer Signalübertragung nach dem Lösen von Kabelsteckern ist nicht mehr gewährleistet.

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen die Detektion und/oder Lokalisierung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter im eingebauten Zustand möglich ist, mit denen sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen über die ermittelten Inhomogenitäten des Schirmverhaltens längs eines geschirmten Leiters möglich ist, wobei das Verfahren verhältnismäßig einfach durchführbar ist und dafür eine Vorrichtung bereitzustellen, die einfach realisierbar ist und die eine Ermittlung der Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter unmittelbar vor Ort im eingebauten Zustand der Kabel bzw. Leiter ermöglicht, und wobei die Vorrichtung im Vergleich zu bisherigen Vorrichtungen zur Ermittlung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter mit einem geringen apparativen Aufwand auskommt.

Gelöst wird die Aufgabe gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren durch folgende Verfahrensschritte:

- a. Anlegen eines Frequenzsignals vorbestimmbarer Frequenz und Spannungsamplitude an den Schirm des Leiters,
- b. sensorische Erfassung des durch das Frequenzsignal erzeugten elektrischen und/oder Magnetfeldes des Schirmes in definiertem Abstand zum Schirm an im wesentlichen gegenüberliegenden Orten des Schirms und Ausbildung eines entsprechenden elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares,

c. jeweilige Gleichrichtung der Signale des elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares,

d. Bildung eines Differenzsignals aus den gleichgerichteten elektrischen und/oder Magnetfeldsignalen und

e. Bewertung des Differenzsignals als Funktion der ermittelten Inhomogenitäten des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht im wesentlichen darin, daß aufgrund der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Maßnahmen, insbesondere der Ausbildung eines Differenzsignals, die mittels des Verfahrens erreichbaren Meßergebnisse von äußeren Rausch- und anderen Feldstörungen lediglich sehr gering, wenn überhaupt, beeinflußbar sind. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ist zudem vorteilhafterweise eine absolute Messung der Feldstärke des elektrischen und/oder des magnetischen Feldes nicht nötig. Mit der erfindungsgemäß gewählten Differenzbildung aus den beiden Feldsignalen, die das besagte Signalpaar bilden, wird ein sehr einfaches Kriterium zur Verfügung gestellt, um Schirminhomogenitäten zu erkennen und zu lokalisieren. Da das Verfahren im wesentlichen mit im Handel erhältlichen Grundkomponenten durchgeführt werden kann, ist das Verfahren auch grundsätzlich, wie ebenfalls angestrebt, äußerst kostengünstig durchführbar.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden die gemäß Merkmal c. gleichgerichteten Signale der elektrischen und/oder Magnetfeldsignale als Funktion der ermittelten Inhomogenität des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters ebenfalls einer Bewer-

c. jeweilige Gleichrichtung der Signale des elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares,

d. Bildung eines Differenzsignals aus den gleichgerichteten elektrischen und/oder Magnetfeldsignalen und

e. Bewertung des Differenzsignals als Funktion der ermittelten Inhomogenitäten des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht im wesentlichen darin, daß aufgrund der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Maßnahmen, insbesondere der Ausbildung eines Differenzsignals, die mittels des Verfahrens erreichbaren Meßergebnisse von äußeren Rausch- und anderen Feldstörungen lediglich sehr gering, wenn überhaupt, beeinflußbar sind. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ist zudem vorteilhafterweise eine absolute Messung der Feldstärke des elektrischen und/oder des magnetischen Feldes nicht nötig. Mit der erfindungsgemäß gewählten Differenzbildung aus den beiden Feldsignalen, die das besagte Signalpaar bilden, wird ein sehr einfaches Kriterium zur Verfügung gestellt, um Schirminhomogenitäten zu erkennen und zu lokalisieren. Da das Verfahren im wesentlichen mit im Handel erhältlichen Grundkomponenten durchgeführt werden kann, ist das Verfahren auch grundsätzlich, wie ebenfalls angestrebt, äußerst kostengünstig durchführbar.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden die gemäß Merkmal c. gleichgerichteten Signale der elektrischen und/oder Magnetfeldsignale als Funktion der ermittelten Inhomogenität des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters ebenfalls einer Bewer-

tung unterzogen. Dadurch ist es möglich, auch für bestimmte Meßzwecke quantitative Aussagen über das Schirmverhalten des geschirmten elektrischen Leiters für jedes Sensorpaar gesondert voneinander zu ermitteln, was ggf. für die Ermittlung des Ortes und den Grad der Inhomogenität des Schirmes von Nutzen sein kann.

Vorzugsweise wird das Differenzsignal, das regelmäßig zunächst ein analoges Signal ist, digitalisiert, was gleichermaßen für die gleichgerichteten elektrischen und/oder Magnetfeldsignale gilt, die nach der Gleichrichtung erzeugt werden. Eine Digitalisierung der elektrischen und/oder Magnetfeldsignale und eine Digitalisierung des Differenzsignals ermöglicht unter gewissen Umständen eine Vereinfachung der Signalweiterverarbeitung und der Auswertung der Signale zur Bewertung der ermittelten Inhomogenität des Schirmverhaltens.

Auch ist es vorteilhaft, das Frequenzsignal innerhalb eines vorbestimmbaren Frequenzintervalls zu erzeugen, d.h., daß bspw. Signalamplituden über einen Frequenzbereich von 0 bis 200 MHz erzeugt werden, um auch eine mögliche Frequenzabhängigkeit der ermittelten Schirminhomogenität zu erfassen.

Eine Vorrichtung zur Ermittlung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter, mit der auch das vorangehend beschriebene Verfahren ausgeführt werden kann, umfaßt lösungsgemäß eine Frequenzsignalquelle, die mit dem Schirm des Leiters zur Übertragung eines Frequenzsignals auf den Leiter verbunden ist, wobei über Abstandsmittel beabstandet zum Schirm des Leiters wenigstens zwei Sensorpaare angeordnet sind, die jeweils mit einer Gleichrichtereinheit elektrisch

verbunden sind, wobei die jeweiligen Ausgänge der Gleichrichtereinheiten, von denen gleichgerichtete Signale entsprechend einem von dem jeweiligen Sensorpaar erfaßten elektrischen und/oder Magnetfeld ausgegeben werden, auf eine Differenzbildungseinheit gegeben werden, und daß schließlich vom Ausgang der Differenzbildungseinheit ein Differenzsignal geliefert wird, das eine Funktion der ermittelten Inhomogenität des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters ist.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung entsprechen sinngemäß denen, die oben im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Lösung des Verfahrens angegeben worden sind. Auch hier gilt, daß die Vorrichtung aufgrund im Handel erhältlicher elektronischer Komponenten verhältnismäßig einfach, kompakt und kostengünstig aufgebaut werden kann, so daß diese auch in großer Anzahl auch bei komplexen zu untersuchenden Kabelsträngen ohne Schwierigkeiten vor Ort eingesetzt werden kann.

Grundsätzlich kann die Bewertung des Differenzsignals auf beliebige geeignete Weise mit beliebig geeigneten Mitteln erfolgen; vorzugsweise bspw. mittels eines Rechners. Unabhängig davon, ob das Differenzsignal unmittelbar vor Ort der Vorrichtung bewertet wird oder aber dort lediglich die den Differenzsignalen entsprechenden Daten zunächst aufgezeichnet werden und dann einer Bewertung unterzogen werden, ist es vorteilhaft, die Vorrichtung derart auszugestalten, daß der Ausgang der Differenzbildungseinheit mit einer das Differenzbildungssignal bewertenden Bewertungseinheit verbunden wird, wobei Verbindung in diesem Sinne sowohl eine leitungsmäßige Verbindung als auch eine drahtlose Übertragung bedeuten kann.

Die Gleichrichtereinheit selbst umfaßt vorteilhafterweise in Reihe geschaltet wenigstens eine erste Verstärkerstufe, eine Multiplizierstufe, einen Tiefpaßfilter und diesem nachgeschaltet eine zweite Verstärkerstufe, deren Ausgang mit der Differenzbildungseinheit verbunden ist. Mittels der ersten Verstärkerstufe wird das sensorisch erfaßte Feldsignal (magnetisches und/oder elektrisches) für die nachfolgende Multiplizierstufe aufbereitet. In dieser Stufe wird bspw. eine analoge Quadraturbildung des sensorisch erfaßten Feldsignals ausgeführt. Der nachfolgende Tiefpaßfilter filtert das Doppelte der sensorisch erfaßten Signalfrequenz aus, wobei die zweite nachfolgende Verstärkerstufe den Gleichspannungsanteil für einen Spannungsmeßbereich nachfolgender Stufen erzeugt.

Die Ausgangssignale der zweiten Verstärkerstufe beider Gleichrichtereinheiten sind vorteilhafterweise derart ausgestaltet, daß sie relativ zueinander offsetspannungsfrei sind. Dadurch wird dem unterschiedlichen Verstärkungsverhalten der Verstärkerstufen der Gleichrichtereinheiten Rechnung getragen, so daß quasi von zwei gleichen zweiten Verstärkerstufen ausgegangen werden kann.

Vorzugsweise kann die Differenzbildungseinheit im wesentlichen durch ein einfaches Differenzbildungsglied gebildet werden, das als Operationsverstärker, genau wie die ersten und zweiten Verstärkerstufen der Gleichrichtereinheit, ausgebildet sein kann. Am Ausgang der Differenzbildungseinheit liegt ein analoges Differenzsignal an.

Für die Weiterverarbeitung der Ausgangssignale der Gleichrichtereinheiten und/oder des Differenzsignals der

Differenzbildungseinheit ist es äußerst vorteilhaft, diese zu digitalisieren, d.h. jeweils auf einen Analog-Digital-Umsetzer zu geben, um so die Bewertung der erzeugten magnetischen und/oder elektrischen Feldsignale entweder als besagte gleichgerichtete Signale und/oder als Differenzsignal leichter durchführen zu können, d.h. unter Ausnutzung der gesamten funktionellen Bandbreite, die eine digitalisierte Datenverarbeitung ermöglicht.

Das Abstandsmittel nimmt das Sensorpaar vorzugsweise derart auf, daß dieses im wesentlichen einander gegenüberliegend gleich zur Außenoberfläche der den Leiter umgebenden Isolierung einstellbar beabstandet ist. Dabei ist es möglich, den Abstand des Abstandsmittels, in bzw. an dem das jeweilige Sensorenpaar gegenüberliegend angeordnet ist, derart einstellbar auszubilden, daß das zwischen den Sensoren angeordnete, zu messende Kabel geringfügig eingeklemmt wird, so daß eine abstandswahrende Messung des elektrischen und/oder des Magnetfeldes möglich ist. Ein Einfluß durch mögliche Bewegung der menschlichen Hand und der damit normalerweise zwangsweise verbunden sein würdenden Meßungenauigkeiten wird vernachlässigbar unterdrückt.

Der Werkstoff des Abstandsmittels wird dabei vorteilhafterweise derart gewählt, daß er ein elektrisches Feld und/oder ein magnetisches Feld, in dem das Abstandsmittel angeordnet ist, lediglich auf minimal mögliche Weise beeinflusst. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, daß die mittels der Vorrichtung erfolgte Messung der Inhomogenität frei von werkstoffseitigen Beeinflussungen der für die Messung erforderlichen Hilfsmittel erfolgen kann.

Als Werkstoff des Abstandsmittels kann vorzugsweise bspw. Plexiglas verwendet werden.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die nachfolgenden schematischen Zeichnungen anhand eines Ausführungsbeispiels eingehend beschrieben. Darin zeigen:

- Fig. 1 in perspektivischer Darstellung mehrere isolierte Leiter, die von einem Schirm umgeben sind, wobei ein Sensorpaar angedeutet ist, das ein elektrisches und/oder magnetisches Feld aufgrund eines auf den Schirm aufgeprägten Frequenzsignals erfaßt,
- Fig. 2 in Form eines Blockschaltbildes eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens,
- Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Gleichrichtereinheit der Vorrichtung,
- Fig. 4 einen Signalverlauf der gemessenen Magnetfeldstärke anhand mehrerer Beispiele,
- Fig. 5 ein Ausschnitt des Blockschaltbildes gemäß Fig. 2 zur Darstellung der Verknüpfung der Ausgänge beider Gleichrichtereinheiten mit einer Differenzbildungseinheit in größerer Einzelheit,
- Fig. 6 ein Abstandsmittel, ein geschirmtes Kabel in sich einschließend, zur Messung des ermittelten Magnetfeldes in der y-Ebene und
- Fig. 7 eine Abbildung wie Fig. 6, bei der jedoch das Magnetfeld in der x-Ebene gemessen wird.

Es wird zunächst Bezug genommen auf die Darstellung von Fig. 1. In Fig. 1 ist eine Mehrzahl von Kabeln dargestellt, die hier im wesentlichen zentral jeweils einen Leiter 11 aufweisen, der jeweils von einer Isolierung 110 umgeben ist. Das Bündel der in Fig. 1 dargestellten Kabel ist gemeinschaftlich von einem Schirm 12 umgeben, wobei aber darauf hinzuweisen ist, daß das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung 10 auch zur sensorischen Erfassung des Magnetfeldes und/oder des elektrischen Feldes auch lediglich eines einzigen Kabels im Stande ist, das aus einem Leiter 11, einer den Leiter 11 umgebenden Isolierung 110 und einem die Isolierung 110 umgebenden Schirm 12 besteht. In vorbestimmtem Abstand 17 zur Außenoberfläche 11, vgl. auch die Fig. 6 und 7, ist ein Sensorpaar 14 angeordnet, wobei bei einer realen Ermittlung der Inhomogenität des Schirmverhaltens der geschirmten elektrischen Leiter 11 zwei Sensorpaare 14, 15 angeordnet sind, die jeweils um 90° zueinander versetzt sind, was andeutungsweise aus Fig. 2 ersichtlich ist:

Die Vorrichtung 10 zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist schematisch in einem Blockschaltbild in Fig. 2 dargestellt. Den Kern der Vorrichtung 10 bilden zwei identisch aufgebaute Gleichrichtereinheiten 27, 28 sowie eine Differenzbildungseinheit 29. Die Gleichrichtereinheiten 27, 28 sind in Form eines Blockschaltbildes in Fig. 3 dargestellt. Darauf wird zunächst Bezug genommen.

Die Gleichrichtereinheit 27, 28 umfaßt in Reihe geschaltet eine erste Verstärkerstufe 272, 282. Das von dem jeweiligen Sensorpaar 14 bzw. 15 erfaßte elektrische und/oder magnetische Feld 16, hervorgerufen durch ein Frequenzsignal 13 vorbestimmter Amplitude und Frequenz,

bspw. im Bereich von 0 bis 200 MHz, erzeugt durch eine Frequenzsignalquelle 23, wird auf bekannte Weise auf den Schirm 12 eines Leiters 11 gegeben und erzeugt dadurch ein elektrisches und/oder magnetisches Feld und wird als elektrisches bzw. magnetisches Feldsignal 18, 19 auf den Eingang 270, 280 einer ersten Verstärkerstufe gegeben. In der ersten Verstärkerstufe 272, 282 wird das elektrische und/oder magnetische Feldsignal 18, 19 verstärkt und auf die nachfolgende Multiplizierschaltung 273, 282 gegeben. Dort wird eine analoge Quadraturbildung des elektrischen und/oder magnetischen Feldsignals 18, 19 durchgeführt, so daß ein Gleichspannungsanteil und ein Anteil der doppelten gemessenen Feldsignalfrequenz erzeugt wird. Ein nachgeschalteter Tiefpaßfilter 274, 284, der bspw. eine Grenzfrequenz von 10 Hz aufweist, filtert diesen Frequenzanteil heraus. Das Filterausgangssignal wird dann auf eine nachfolgende zweite Verstärkerstufe 275, 285 gegeben, in der der Gleichspannungsanteil für einen Spannungsmeßbereich eines nachfolgenden Analog-Digital-Umsetzers 32, 33 erzeugt wird, bspw. für einen Spannungsmeßbereich von 0 bis 5 V. Die Analog-Digital-Umsetzer 32, 33 können auf eine Steuereinheit 35 (Mikrocontroller) gegeben werden. Die Steuereinheit 35 steht in Verbindung mit einem Rechner 34, der Teil einer Bewertungseinheit 30 ist. Zwischen die Steuereinheit 35 und die Bewertungseinheit 30 kann ein sogenannter Transceiver 36 (Schnittstelle PC-Controller) geschaltet sein.

Die Ausgänge 271, 281, an denen die gleichgerichteten Signale 21, 22, die auf vorbeschriebene Weise aufbereitet sind, anliegen, sind ebenfalls jeweils mit den beiden Eingängen 290 einer nachgeschalteten Differenzbildungseinheit 29 verbunden, die im wesentlichen aus einem Differenzbildungsglied 292 besteht, vgl. die Fig.

5 und 2. Aus Fig. 5 ist ersichtlich, daß die beiden zweiten Verstärkerstufen 275, 285 derart beschaltet sind, daß aufgrund des Umstandes, daß die Multiplizierglieder 273, 283 keinen konstanten Offset besitzen, ein Offsetabgleich der beiden zweiten Verstärkerstufen 275, 285 vorgenommen werden kann.

Die Differenzbildungseinheit 29 wird vorgesehen, um die Meßempfindlichkeit der sensorisch erfaßten Inhomogenitäten 120 des Schirms 12 zu erhöhen. D.h., daß aus den offsetfreien gleichgerichteten Signalen 21, 22 ein Differenzsignal 20 gebildet wird, und zwar derart, daß eine Differenz mit positivem und eine Differenz mit negativem Vorzeichen gebildet wird. Eine Komparator-schaltung schaltet daraufhin einen Schalter (nicht im einzelnen dargestellt) derart um, daß immer der Betrag, d.h. die positiv gebildete Differenz am Ausgang 291 des Differenzbildungsgliedes 29 anliegt und auf den dritten Analog-Digital-Umsetzer 31 gegeben wird, der ebenfalls mit der Steuereinheit 35 (Mikrocontroller) zusammenwirkt. Für die Kommunikation mit der Steuereinheit 35 und der Bewertungseinheit 30 dient der besagte Transceiver 36.

In den Fig. 6 und 7 ist in größerer Einzelheit das Abstandsmittel 24 dargestellt, an dem ein jeweiliges Sensorpaar 14, 15 angeordnet ist. Das Abstandsmittel 24 umfaßt im wesentlichen zwei im wesentlichen parallel voneinander beabstandete Schenkel 240, 241, die über ein Stellglied 242 in ihrem Abstand 17 derart verstellbar sind, daß sie einen Leiter 11, der eine umgebende Isolierung 110 aufweist und darauf einen Schirm (Abschirmung), in sich einschließen können. Der Werkstoff des Abstandsmittels 24 ist derart gewählt, daß er ein elektrisches Feld und/oder ein magnetisches Feld 16,

angedeutet in Fig. 6 und 7 durch ein Pfeilbündel, lediglich auf minimal mögliche Weise beeinflußt.

Grundsätzlich ist die Vorrichtung 10 zur Messung des magnetischen Feldes 16 als auch zur Messung des elektrischen Feldes des Schirmes 12 geeignet, wobei bei der Darstellung gemäß Fig. 7 die Sensorpaare 14, 15 derart angeordnet sind, daß sie mit ihren Sensorschleifen mit einer gedachten Sensorschleifenfläche vertikal auf dem Schirm 12 des Leiters 11 stehen, wobei bei der Messung des magnetischen Feldes 16 des Schirmes 12 die gedachten Flächen der Sensorpaare 14, 15 parallel zur Außenoberfläche 111 des Schirmes 12 ausgerichtet sind.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die hier schleifenförmig dargestellten Sensorpaare 14, 15 tatsächlich real diese Form zur Erfüllung einer sensorischen Erfassung eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes 16 nicht aufweisen müssen. Die schleifenförmige Darstellung der Sensorpaare 15, 16 ist hier lediglich als schematische, die realen Formen nicht beschränkende Formgebung zu verstehen. Dieses gilt sowohl für die Ausbildung der Sensorpaare 15, 16 für die Erfassung eines Magnetfeldes als auch für die Erfassung eines elektrischen Feldes.

Das Blockschaltbild der gemäß der Vorrichtung 10 verwendeten Gleichrichtereinheit 27, 28 ist im Zusammenhang mit der Darstellung von Fig. 3 erläutert worden. Es wird nachfolgend der Signalverlauf in der Gleichrichtereinheit 27, 28 in Verbindung mit Fig. 4 beschrieben. Fig. 4 stellt die in der Vorrichtung 10 vorgenommene Gleichrichtung eines gemessenen sinusförmigen Sensorsignals in vier Schritten dar.

In der ersten Verstärkerstufe 272, 281 wird zunächst das gemessene Sensorsignal eines Feldsensors bei einer Frequenz f_H , die eine breitbandige Verstärkerstufe darstellt, vorverstärkt, vgl. auch Fig. 4a. Die Amplitude hat dann den Wert A_0 . Das Sensorsignal ist proportional zu einer sinusförmigen Spannung mit derselben Frequenz f_H , mit welcher der Schirm 12 des Leiters 11 mit dem von der Frequenzsignalquelle 23 kommenden Frequenzsignal angeregt wird.

In der Multiplizierstufe 273, 283 wird das Signal quadriert. Mathematisch ergibt sich dadurch ein Signal der Form:

$$A_0^2 * \sin^2(2 * \pi * f_H * t) = 0.5(A_0^2 - A_0^2 \sin(2 * \pi * (2f_H) * t)).$$

Das bedeutet, daß am Ausgang der Multiplizierstufe 273, 283 ein Signal mit einem Gleichanteil und einem Wechselstromanteil der doppelten Frequenz $2f_H$, vgl. Fig. 4 b., anliegt. Die neu gebildete Amplitude A_0^2 ist proportional zur ursprünglich gemessenen Amplitude des Sensorsignals. Diese Amplitude ist, wie die vorangehend aufgeführte Gleichung zeigt, sowohl im Gleichanteil als auch im Wechselanteil der Frequenz $2f_H$ enthalten. Die Digitalisierung des Gleichanteils als proportionale Größe zur gemessenen Feldstärke reicht für die weitere Verarbeitung des Signals aus.

Der Tiefpaßfilter 274, 284, vgl. auch Fig. 4 c., filtert hierzu den Wechselstromanteil der Frequenz $2f_H$ heraus, so daß ein gleichgerichtetes Signal $0,5 A_0^2$, das proportional zur gemessenen Sensorsignalamplitude ist, übrig bleibt.

Mit der zweiten Verstärkerstufe 275, 285 wird eine Verstärkung des Gleichanteils vorgenommen, um den Spannungsmeßbereich des nachgeschalteten Analog-Digital-Umsetzers 32, 33 auf bestmögliche Weise auszunutzen. Diese Verstärkung ist variabel einstellbar und hängt vom verwendeten Analog-Digital-Umsetzer 32, 33 ab. Das aus der zweiten Verstärkerstufe 275, 285 resultierende Gleichsignal beträgt danach $0,5 \cdot \text{Faktor} \cdot A_0^2$, wobei "Faktor" die variabel einstellbare Verstärkung bedeuten soll, vgl. Fig. 4 d..

Das Verfahren, das — mittels der vorbeschriebenen Vorrichtung 10 zur Ermittlung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter 11 ausgeführt werden kann, kann gemäß folgenden Verfahrensschritten durchgeführt werden:

a. Erzeugung eines Frequenzsignals 13 in einer Frequenzsignalquelle 23 vorbestimmbarer Frequenz und Spannungsamplitude und Anlegen des Frequenzsignals 13 an den Schirm 12 des Leiters 11, bspw. mittels direkter Einkopplung oder des Einsatzes einer Einkoppelzange (nicht dargestellt),

b. sensorische Erfassung mittels eines Sensorpaares 14, 15 des durch das Frequenzsignal 13 erzeugten elektrischen und/oder Magnetfeldes 16 des Schirms 12 in definiertem Abstand 17 zum Schirm 12 an im wesentlichen gegenüberliegenden Orten des Schirms 12 und Ausbildung eines entsprechenden elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares 18, 19 unter Berücksichtigung des Umstandes, daß an einer intakten Stelle des Schirms 12 des Leiters 11 eine rotationssymme-

trische Feldverteilung vorliegt, so daß die Sensorpaare 14, 15 im Idealfall die gleiche Spannung messen,

c. Gleichrichtung der jeweiligen Signale des elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares 18, 19,

d. Bildung eines Differenzsignals 20 aus den gleichgerichteten elektrischen und/oder Magnetfeldsignalen 18, 19, wobei ein Differenzsignal dann erzeugt wird, wenn beide Sensorpaare 14, 15 unterschiedlich abgestrahlte elektrische und/oder Magnetfelder detektieren, wenn eine Schirminhomogenität zu einer Verzerrung der elektrischen und/oder Magnetfeldverteilung führt, und

e. Bewertung des Differenzsignals 20 als Funktion der ermittelten Inhomogenität des Verhaltens des Schirms 12 des geschirmten elektrischen Leiters 11, und zwar nach entsprechender Umwandlung in Digitalsignale und Bewertung der Signale in der Bewertungseinrichtung 30.

Auch die absoluten gleichgerichteten Signale 21, 22, die die jeweiligen Gleichrichtereinheiten 27, 28 verlassen, können nach entsprechender Digitalisierung mittels der Bewertungseinheit 30 bewertet werden. Den entsprechenden Datenfluß gewährleistet die Steuereinheit 35 in Verbindung mit dem Transceiver 36, wobei über die Bewertungseinheit 30 auch der gesamte Verfahrensablauf gesteuert werden kann, um bspw. über das mit der Steuereinheit verbundene Interface 37 die damit verbundene Frequenz-

signalquelle 33 zu steuern, die den gesamten Frequenzbereich von bspw. 0 bis 200 MHz als Meßintervall überstreichen kann. Bei jeder beliebiger geeigneter Frequenz kann das Verfahren prinzipiell ohne Veränderung der Verfahrensführung und des Aufbaus der Vorrichtung 10 durchgeführt werden. Dieses kann bspw. programmgestützt bspw. in vorbestimmten Frequenzschritten erfolgen, es ist aber auch möglich, eine derartige Messung programmgestützt über einen geeignet ausgewählten Frequenzmeßbereich durchzuführen.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß entlang des Umfangs des zu untersuchenden geschirmten Leiters 11 eine Mehrzahl von Sensorpaaren 14, 15 vorgesehen werden kann, die auf gleiche Weise, wie oben im Zusammenhang mit einem Sensorpaar 14, 15 beschrieben, ein elektrisches und/oder Magnetfeld 16 erfaßt, das nachfolgend auf oben beschriebene Weise ausgenutzt wird. Dadurch kann die Genauigkeit der Erfassung von Inhomogenitäten des Schirmes 12 erhöht werden.

Bezugszeichenliste

| | | | |
|-----|--|-----|---------------------------------|
| 10 | Vorrichtung | 28 | Gleichrichtereinheit |
| 11 | Leiter | 280 | Eingang |
| 110 | Isolierung | 281 | Ausgang |
| 111 | Isolierung | 282 | erster Verstärkerstufe |
| 12 | Schirm (des Leiters) | 283 | Multiplizierstufe |
| 120 | Inhomogenität | 284 | Tiefpaßfilter |
| 13 | Frequenzsignal | 285 | zweite Verstärkerstufe |
| 14 | Sensor | 29 | Differenzbildungseinheit |
| 15 | Sensor | | |
| 16 | magnetische/elektrisches Feld | 290 | Eingang |
| 17 | Abstand | 291 | Ausgang |
| 18 | magnetisches/elektrisches Feldsignalpaar | 292 | Differenzbildungsglied |
| 19 | magnetisches/elektrisches Feldsignalpaar | 30 | Bewertungseinheit |
| 20 | Differenzsignal | 31 | Analog-Digital-Umsetzer |
| 21 | gleichgerichtetes Signal | 32 | Analog-Digital-Umsetzer |
| 22 | gleichgerichtetes Signal | 33 | Analog-Digital-Umsetzer |
| 23 | Frequenzsignalquelle | 34 | Rechner |
| 24 | Abstandsmittel | 35 | Steuereinheit (Mikrocontroller) |
| 240 | Schenkel | 36 | Transceiver |
| 241 | Schenkel | 37 | Interface |
| 242 | Stellglied | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | Gleichrichtereinheit | | |
| 270 | Eingang | | |
| 271 | Ausgang | | |
| 272 | erste Verstärkerstufe | | |
| 273 | Multiplizierstufe | | |
| 274 | Tiefpaßfilter | | |
| 275 | zweite Verstärkerstufe | | |

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von Inhomogenitäten des Schirmverhaltens geschirmter elektrischer Leiter, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

a. Anlegen eines Frequenzsignals vorbestimmbarer Frequenz und Spannungsamplitude an den Schirm des Leiters,

b. sensorische Erfassung des durch das Frequenzsignal erzeugten elektrischen und/oder Magnetfeldes des Schirmes in definiertem Abstand zum Schirm an im wesentlichen gegenüberliegenden Orten des Schirms und Ausbildung

eines entsprechenden elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares,

c. jeweilige Gleichrichtung der Signale des elektrischen und/oder Magnetfeldsignalpaares,

d. Bildung eines Differenzsignals aus den gleichgerichteten elektrischen und/oder Magnetfeldsignalen und

e. Bewertung des Differenzsignals als Funktion der ermittelten Inhomogenitäten des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gemäß Merkmal c. gleichgerichteten Signale der elektrischen und/oder Magnetfeldsignale als Funktion der ermittelten Inhomogenität des Schirmverhaltens des geschirmten elektrischen Leiters einer Bewertung unterzogen werden.

3. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Differenzsignal digitalisiert wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen und/oder Magnetfeldsignale digitalisiert werden.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Frequenzsignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzsignalintervalls erzeugt wird.